RdS
RICERCA DI SISTEMA

ENEA
AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Ricerca di Sistema elettrico

Avvio CER: Analisi dell'evoluzione dei modelli di business e implementazione di moduli software per la valutazione economica di comunità energetiche rinnovabili

Simone Franzò, Martino Bonalumi, Luca Pedicone

POLITECNICO MILANO 1863
SCHOOL OF MANAGEMENT

RdS_PTR 22-24_PR1.7_LA1.4_319

Avvio CER: Analisi dell'evoluzione dei modelli di business e implementazione di moduli software per la valutazione economica di comunità energetiche rinnovabili

LA 1.5 Avvio CER: Analisi dell'evoluzione dei modelli di business e implementazione di moduli software per la valutazione economica di comunità energetiche rinnovabili

S. Franzò, M. Bonalumi, L. Pedicone (Dipartimento di Ingegneria Gestionale, Politecnico di Milano)

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: Tema di ricerca 1.7 – Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Linea di attività: LA 1.5

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Responsabile del Work Package: Angelo Frascella, ENEA

Responsabile Linea di Attività: Simone Franzò, Politecnico di Milano

Mese inizio previsto: 13

Mese inizio effettivo: 13

Mese fine previsto: 36

Mese fine effettivo: 36

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione: "Analisi dell'evoluzione dei modelli di business e implementazione di moduli software per la valutazione economica di comunità energetiche rinnovabili"

Indice

1 Risultati attesi 4
2 Risultati ottenuti 5
2.1 Analisi dell'evoluzione del quadro normativo-regolatorio nazionale in ottica comparativa rispetto a quello di altri Paesi europei 5
2.2 Analisi comparativa dei modelli di business adottati da AUC e CER sulla base dei quadri normativi transitorio e definitivo 5
2.3 Aggiornamento del potenziale di mercato associato ad AUC e CER 5
2.4 Analisi costi-benefici connessi alla realizzazione del potenziale di mercato associato ad AUC e CER. 5
2.5 Definizione e implementazione di un set di moduli software in ambiente Matlab per la valutazione tecnico-economica delle diverse configurazioni di AUC e CER 6
2.6 Sviluppo di moduli software in ambiente Matlab 6
2.7 Rapporto tecnico descrittivo delle attività svolte e dei risultati conseguiti 7
3 Prodotti attesi 8
4 Prodotti sviluppati 9
4.1 Sviluppo di moduli software in ambiente Matlab 9
4.2 Report Tecnico descrittivo delle attività svolte e dei risultati conseguiti 10
5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati 11
6 Sintesi delle attività svolte 12
7 Dettaglio delle attività svolte 13
7.1 Analisi dell'evoluzione del quadro normativo 13
7.1.1 Analisi decreto MASE 13
7.1.2 Analisi normativa contesto europeo 13
7.2 Analisi dell'evoluzione dei modelli di business 13
7.3 Analisi del potenziale di mercato 14
7.4 Analisi costi-benefici connessi alla realizzazione del potenziale di mercato 14
7.5 Sviluppo del modulo in ambiente Matlab 17
7.5.1 Analisi dei prezzi zonali su base oraria ed implementazione dello script per l'importazione dei dati su Matlab 17
7.5.2 Analisi del costo dell'elettricità per clienti finali 17
7.5.3 Valutazione CAPEX e OPEX degli impianti 18
7.5.4 Modelli di finanziamento 18
7.5.4.1 Partenariato pubblico-privato 18
7.5.4.2 Crowdfunding: forme esistenti e strumenti applicativi 18

7.5.4.3 Finanziamenti PNRR 19
7.5.5 Effetti legati all'ingresso/uscita di membri e/o impianti di generazione 19
7.5.6 Personas e modalità di ripartizione dei benefici economici 19
7.5.7 Analisi di sensitività 19
7.5.8 Ricerca obiettivo 19
7.5.9 Sviluppo del modulo software 20
7.6 Validazione su casi studio reali 21
8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte 22
9 Pubblicazioni scientifiche 23
10 Eventi di disseminazione 24

Indice delle figure

Figura 1: Tipologia di fonti energetiche utilizzate nelle configurazioni mappate. 13
Figura 2: Confronto, per lo scenario 1, tra potenza necessaria e contingente incentivabile (valori in GW). 14
Figura 3: Confronto, per lo scenario 2, tra potenza necessaria e contingente incentivabile (valori in GW). 14
Figura 4: Grafico dei flussi di cassa annuali (grafico a barre, divisi per contributo) e cumulati (linea rossa) per la CER nel caso base. 21

Indice delle tabelle

Tabella 1: Valori di riduzione delle emissioni di gas serra (CO_2 equivalente). 15
Tabella 2: Valori di variazione del volume d'affari (separati per installazioni e O&M, e cumulati su 20 anni). 16
Tabella 3: Occupazioni (temporanee e permanenti) generate. 16
Tabella 4: Entrate per Stato, regioni e comuni. 16

1 Risultati attesi

- Analisi dell'evoluzione del quadro normativo-regolatorio nazionale e suo confronto rispetto a quello di altri Paesi europei (fino a 3).
- Analisi comparativa dei modelli di business adottati da AUC e CER sulla base dei quadri normativi transitorio e definitivo.
- Aggiornamento del potenziale di mercato associato ad AUC e CER.
- Analisi costi-benefici connessi alla realizzazione del potenziale di mercato associato ad AUC e CER.
- Definizione e implementazione di un set di moduli software in ambiente Matlab per la valutazione tecnico-economica delle diverse configurazioni di AUC e CER, e la validazione di una serie di valori economici relativi ai prezzi di acquisto e vendita di energia elettrica e di fornitura "chiavi in mano" di impianti a fonte rinnovabile.
- Sviluppo di moduli software in ambiente Matlab che implementeranno le seguenti funzionalità: fino a 5 modelli di finanziamento; effetti legati all'ingresso/uscita di membri e all'ingresso/uscita di impianti di produzione elettrica sull'analisi economica; fino a 5 personas e relative modalità di ripartizione dei benefici economici tra i membri; analisi di sensitività; ricerca obiettivo, sulla base dei parametri dell'analisi di sensitività di cui al punto precedente.
- Validazione dei moduli su 5 casi studio reali proposti da ENEA
- Rapporto tecnico descrittivo delle attività svolte e dei risultati conseguiti.

2 Risultati ottenuti

2.1 Analisi dell'evoluzione del quadro normativo-regolatorio nazionale in ottica comparativa rispetto a quello di altri Paesi europei

L'analisi del quadro normativo italiano si è concentrata sul Decreto MASE n. 414 del 7 dicembre 2023, pubblicato il 23 gennaio 2024 ("Decreto CER"). Di questo, sono state riportate le informazioni generali e le condizioni di accesso agli incentivi, oltre alla metodologia di calcolo degli stessi.

Per quanto riguarda i Paesi europei, si registrano disparità nel recepimento della direttiva europea e della diffusione delle CER. L'analisi si è concentrata su Francia, Spagna e Germania, indicando il numero di iniziative presenti sul territorio, la definizione di CER e la tipologia di incentivi presenti in ognuno dei tre Paesi.

2.2 Analisi comparativa dei modelli di business adottati da AUC e CER sulla base dei quadri normativi transitorio e definitivo

L'analisi dei modelli di business è stata implementata tramite una mappatura delle CER e AUC presenti in Italia, per le quali sono state raccolte informazioni rispetto alla forma giuridica, alla tipologia di impianti di generazione utilizzati e ai vari ruoli all'interno della configurazione (ad esempio, promotore e tipologia di membri). Questo ha permesso di identificare tre diversi archetipi di modelli di business utilizzati. L'analisi è stata complementata con interviste dirette ad operatori del settore, con l'obiettivo di identificare le tendenze più recenti in relazione ai modelli di business implementati.

2.3 Aggiornamento del potenziale di mercato associato ad AUC e CER

Il potenziale di mercato della diffusione di CER e AUC in Italia è stato fatto partendo da un sondaggio effettuato su 1000 persone, rappresentative delle condizioni socioeconomiche presenti sul territorio nazionale. Considerando la percentuale di coloro che hanno indicato come accettabili benefici provenienti dalle CER inferiori a 50 €/anno e tra 50 e 100 €/anno (che corrisponde indicativamente ai benefici ottenibili, stando ai risultati ottenuti dall'analisi effettuata), sono stati creati degli scenari di penetrazione delle CER. Questi sono stati confrontati con la superficie necessaria disponibile sugli edifici per l'installazione di impianti fotovoltaici, considerando la numerosità degli edifici presenti e la numerosità di impianti già presenti, e con il contingente disponibile indicato all'interno del Decreto CER.

Considerati i diversi livelli di penetrazione e i vincoli presenti, sono stati identificati sei diversi scenari per il potenziale di mercato di CER e AUC.

2.4 Analisi costi-benefici connessi alla realizzazione del potenziale di mercato associato ad AUC e CER.

Partendo dai cinque scenari identificati, sono stati calcolati i costi-benefici associati alla diffusione di CER e AUC in Italia. In particolare, sono state considerate le seguenti dimensioni di analisi:

- Incremento della generazione da FER;
- Riduzione delle emissioni di gas serra;
- Riduzione delle perdite di rete;
- Costo legato all'erogazione degli incentivi;
- Impatto dei contributi di incentivazione esplicita sul sistema-Paese, tra cui

    - Variazione del volume d'affari nel settore di fornitura di tecnologie;
    - Ricadute occupazionali lungo la filiera italiana;
    - Ricadute fiscali legate alla variazione d'affari nel settore;
- Potenziale risparmio/ricavo per utente;
- Valore economico generato sul territorio;
- Riduzione povertà energetica.

2.5 Definizione e implementazione di un set di moduli software in ambiente Matlab per la valutazione tecnico-economica delle diverse configurazioni di AUC e CER

Nell'ambito della linea di attività è stato sviluppato un tool in ambiente Matlab che consente, a partire dai dati in input da RECON per la CER nel suo complesso, di calcolare entrate e uscite per ciascun membro della CER e per la CER stessa.

Per fare ciò, sono stati analizzati i prezzi di acquisto dell'energia elettrica per le diverse personas che possono partecipare ad una CER, l'evoluzione del prezzo dell'energia elettrica e i valori di costo di investimento iniziale (CAPEX) e di costi operativi (OPEX) per impianti fotovoltaici, eolici, idroelettrici e di biogas di taglia inferiore a 1 MW. I costi identificati sono stati differenziati per taglia di impianto, laddove rilevante.

2.6 Sviluppo di moduli software in ambiente Matlab

L'analisi ha preso in considerazione diverse modalità di finanziamento degli impianti; in particolare:

- Crowdfunding: sono state analizzate 4 diverse tipologie di crowdfunding (donation, reward, equity, lending). Il lending crowdfunding è stato implementato all'interno dei moduli Matlab.
- Partnerariato pubblico-privato: sono state analizzate 2 tipologie di partenariato pubblico-privato (contrattuale e istituzionalizzato). Il xxx è stato implementato all'interno dei moduli Matlab.
- Finanziamento PNRR.

Nei moduli software sono stati implementati il lending crowdfunding, il partenariato pubblico-privato contrattuale e il finanziamento PNRR.

Utilizzando i moduli software sviluppati, sono stati inoltre valutati gli effetti di ingresso e uscita di membri e impianti sull'analisi economica.

Sono state identificate 5 diverse personas considerate rilevanti per l'analisi di una CER "tipo": privato cittadino con impianto di proprietà, privato cittadino che investe nell'impianto della CER, PMI con impianto di proprietà, PMI che investe nell'impianto della CER, PA con impianto di proprietà. Per queste è stata realizzata la ripartizione dei benefici, per la quale sono stati proposti 4 modelli diversi.

È stata poi condotta un'analisi di sensitività che prende in considerazione i seguenti parametri:

- Costo dell'energia elettrica, che è stato fatto variare tra -20% e +20%;
- Costo iniziale di installazione degli impianti, che è stato fatto variare tra -10% e +10%;
- Variazione dell'energia condivisa.

Infine, è stata sviluppata una ricerca obiettivo che considera il valore del CAPEX necessario per raggiungere un determinato ritorno dell'investimento.

L'analisi è stata validata su 5 casi studio reali forniti da Enea, per i quali sono stati confrontati i risultati derivanti da RECON con quelli ottenuti tramite il modulo Matlab sviluppato.

2.7 Rapporto tecnico descrittivo delle attività svolte e dei risultati conseguiti

Il presente Report Tecnico descrive le attività svolte nell'ambito della linea di attività e i principali risultati conseguiti.

Si rimanda invece all'Allegato al Report per tutti risultati e i prodotti dettagliati ottenuti nell'ambito della linea di attività.

3 Prodotti attesi

- Sviluppo di moduli software in ambiente Matlab che implementeranno le seguenti funzionalità: fino a 5 modelli di finanziamento; effetti legati all'ingresso/uscita di membri e all'ingresso/uscita di impianti di produzione elettrica sull'analisi economica; fino a 5 personas e relative modalità di ripartizione dei benefici economici tra i membri; analisi di sensitività; ricerca obiettivo, sulla base dei parametri dell'analisi di sensitività di cui al punto precedente. Validazione dei moduli su 5 casi studio reali proposti da ENEA.
- Report Tecnico descrittivo delle attività svolte e dei risultati conseguiti.

4 Prodotti sviluppati

4.1 Sviluppo di moduli software in ambiente Matlab

Nell'ambito della linea di attività è stato sviluppato un tool in ambiente Matlab che consente, a partire dai dati in input da RECON per la CER nel suo complesso, di calcolare entrate e uscite per ciascun membro della CER e per la CER stessa.

Il modulo prende in input un file di dati in formato *mat* contenente i dati della CER così come vengono raggruppati all'interno di RECON, ovvero una variabile di tipo struct che contiene le variabili: *tipologia_di_personas* di tipo *table*, *impianti* di tipo *table*, *consumi* di tipo *table*, *parametri* di tipo *table* e *calcoli* di tipo *struct*.

Il modulo fornisce in output, in una variabile *CER* di tipo *struct* contenente sia i dati in input che i dati calcolati separati per membro (ciascuno costruito come variabile di tipo *struct*), i flussi di cassa e i flussi di cassa attualizzati, suddivisi per contributo (vendita di energia elettrica, risparmio da autoconsumo, quota di incentivo, spese) per ciascuna personas e per la CER. Con questi vengono anche costruiti dei grafici esemplificativi del risultato economico ottenuto da ciascun membro.

La metodologia utilizzata per il calcolo dei benefici che ciascun membro può ottenere è indicata di seguito.

Sono stati sviluppati 4 algoritmi per la ripartizione dei benefici tra i membri della CER:

- Divisione dei benefici in parti uguali;
- Divisione dei benefici sulla base del contributo all'energia condivisa;
- Divisione dei benefici con una quota divisa in parti uguali e la restante quota divisa sulla base del contributo all'energia condivisa;
- Divisione dei benefici con una quota divisa sulla base del contributo iniziale alla comunità e la restante quota divisa sulla base del contributo all'energia condivisa.

Il tool tiene in considerazione della limitazione di utilizzo degli incentivi per scopi che non siano finalità sociali o che non sia la ripartizione a membri diversi dalle imprese. Di tale limitazione viene tenuto conto nel seguente modo:

- Nella fase di copertura delle spese della CER viene esclusa la quota di incentivi vincolata;
- La quota di incentivi vincolata viene ripartita solo tra i membri che non siano imprese (es., cittadini, enti pubblici, enti del terzo settore).

È stata effettuata un'analisi di sensitività, andando a valutare gli scostamenti in termini di flussi di cassa nel corso dei 20 anni per i diversi membri della CER al variare di:

- Prezzo dell'elettricità;
- Quantità di energia condivisa;
- CAPEX degli impianti di generazione.

Rispetto a quest'ultima variabile, vi è anche una ricerca obiettivo che segnala il CAPEX necessario a raggiungere un certo livello di redditività.

Il tool è stato validato su 5 casi studio reali, implementati su RECON, di cui Enea ha fornito i dati di input.

Il codice Matlab, (che si può trovare nel seguente repository), è stato descritto all'interno dell'Allegato al Report e tramite script all'interno del codice stesso.

4.2 Report Tecnico descrittivo delle attività svolte e dei risultati conseguiti

Il presente documento costituisce il Report Tecnico che descrive risultati e prodotti attesi e ottenuti. Per ulteriori dettagli sulle attività svolte, si rimanda invece all'Allegato al Report.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Non si evidenziano scostamenti rispetto ai risultati e ai prodotti attesi.

6 Sintesi delle attività svolte

L'analisi del quadro normativo italiano, dei prezzi dell'energia elettrica e dell'installazione di impianti di generazione, dei modelli di business presenti e delle condizioni di partecipazione alle CER ha permesso di sviluppare un tool in ambiente Matlab per il calcolo dei flussi di cassa dei partecipanti alla CER stessa. Questo include diverse metodologie di ripartizione dei benefici, oltre a considerare diverse tipologie di membri all'interno della CER e diversi modelli di finanziamento per l'installazione di impianti di generazione. È stata inoltre realizzata un'analisi di sensitività su diversi parametri. I moduli sono stati testati su 5 casi studio reali forniti da Enea.
Parallelamente, è stata condotta un'analisi del potenziale di mercato associato alle CER in Italia, che ha permesso di identificare sei diversi scenari di diffusione. Per ognuno di essi, sono stati valutati i costi-benefici associati alla diffusione delle CER sul territorio nazionale.

7 Dettaglio delle attività svolte

7.1 Analisi dell'evoluzione del quadro normativo

7.1.1 Analisi decreto MASE

Si sono analizzati il decreto pubblicato dal MASE e le regole operative pubblicate dal GSE per riassumerne i punti chiave: schemi incentivanti inseriti nel quadro regolatorio e requisiti di accesso, limitazione introdotta per le imprese, modalità di richiesta e di erogazione degli incentivi, gestione del regime transitorio.

7.1.2 Analisi normativa contesto europeo

Si è analizzato il contesto europeo con focus su Francia, Spagna e Germania:

- Livello di espansione del mercato in termini di numero di iniziative;
- Definizione di una CER nel quadro normativo di riferimento;
- Schemi incentivanti a supporto dello sviluppo delle CER.

7.2 Analisi dell'evoluzione dei modelli di business

Si è effettuata una mappatura delle iniziative di CER e AUC sulla base di database pubblici, report e articoli di stampa (Legambiente, RSE, Utilitatis, e giornali specializzati).

In particolare, con il fine di analizzare i modelli di business attualmente sviluppati sul territorio dalle CER, sono stati analizzati:

- Forma giuridica;
- Tipologia di fonti (Figura 1);
- Potenza degli impianti;
- Tipologia di operatori presenti nella configurazione e loro ruolo.

Inoltre, sulla base di ricerche e interviste con player del settore sono stati analizzati i possibili nuovi modelli di business.

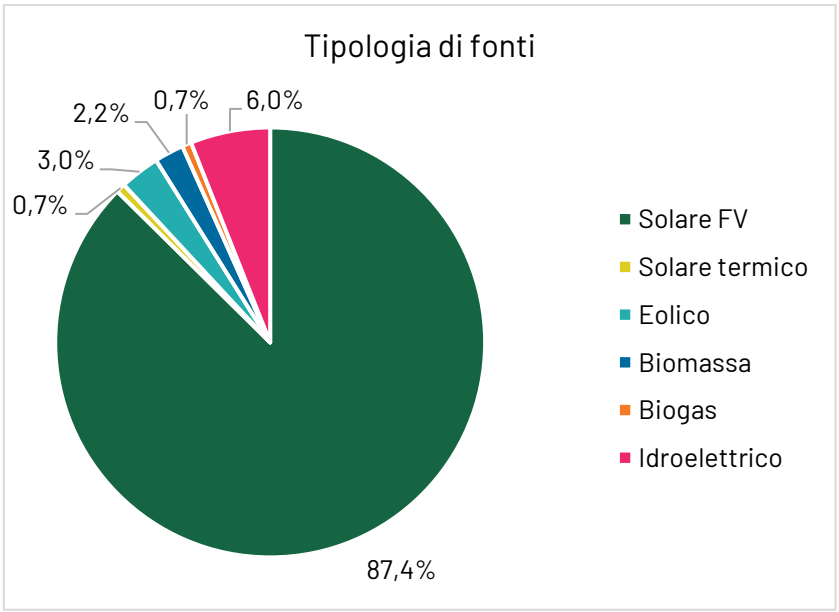

Figura 1: Tipologia di fonti energetiche utilizzate nelle configurazioni mappate.

7.3 Analisi del potenziale di mercato

Si è analizzato il potenziale di diffusione delle CER sul territorio italiano sulla base di scenari di partecipazione di utenti residenziali ipotizzati a partire dai risultati di un sondaggio, effettuato nell'ambito dell'EMR 2024, a cui sono stati sottoposti utenti residenziali interessati alle CER.

La stima della potenza installabile è stata effettuata a partire dagli scenari di partecipazione degli utenti residenziali ipotizzando l'installazione di impianti al 60% su edifici non residenziali e al 40% su edifici residenziali, valutando le % di autoconsumo di utenze residenziali e non, e calcolando i consumi che potrebbero essere coperti. Dai consumi è stata valutata la potenza necessaria da installare (Figura 2 e Figura 3).

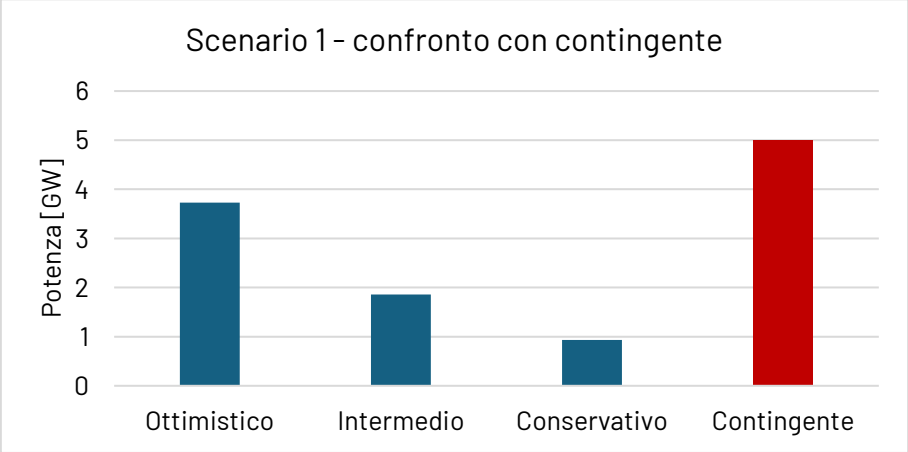

Figura 2: Confronto, per lo scenario 1, tra potenza necessaria e contingente incentivabile (valori in GW).

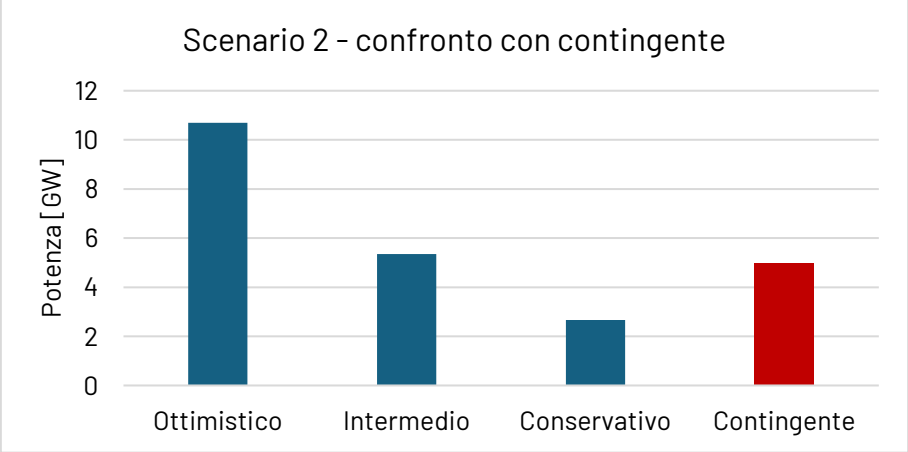

Figura 3: Confronto, per lo scenario 2, tra potenza necessaria e contingente incentivabile (valori in GW).

7.4 Analisi costi-benefici connessi alla realizzazione del potenziale di mercato

Con i risultati dell'analisi del potenziale si sono stimati gli impatti prendendo in considerazione:

- Incremento della generazione da FER, a partire dall'incremento di potenza e dalle ore annue di generazione del fotovoltaico;
- Riduzione delle emissioni di gas serra, a partire dall'energia prodotta e dall'intensità emissiva media della rete elettrica nazionale (Tabella 1);
- Riduzione delle perdite di rete, distinguendo tra perdite evitate sulla rete di:
    - Trasmissione, calcolate con l'energia immessa e il rapporto tra perdite di rete ed energia immessa indicato da Terna nelle tavole degli indicatori ambientali 2023;

    - Distribuzione, calcolate con l'energia autoconsumata fisicamente, il rapporto delle perdite di rete sopraindicato e i coefficienti di perdite di rete evitate indicate nelle Regole Operative del GSE.
- Costo legato all'erogazione degli incentivi, in cui:
    - È stata stimata una distribuzione geografica tra Nord, Centro e Sud delle CER proporzionale ai consumi
    - Sono state utilizzate le ore di immissioni annuali standard e la formula per il calcolo della TIP indicate nelle Regole Operative del GSE per il calcolo della quota di acconto degli incentivi;
- Per stimare il costo della restituzione degli oneri, è stato utilizzato il valore della tariffa degli oneri di trasmissione indicata da ARERA per il 2024;
- Si è confrontato il costo stimato degli incentivi con le stime indicate dal GSE nel suo "Rapporto semestrale energia e clima in Italia" del 2023.
- Impatto dei contributi di incentivazione esplicita sul sistema-Paese, considerando:
    - La variazione del volume d'affari, a partire dai valori di CAPEX e OPEX per il fotovoltaico indicati nel Renewable Energy Report (RER) 2024, poi divisa tra installazione e O&M (Tabella 2);
    - Le ricadute occupazionali, a partire dai dati del rapporto "Monitoraggio degli impatti economici e occupazionali delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica" pubblicato dal GSE nel novembre 2022, distinguendo tra occupazioni temporanee e permanenti (Tabella 3);
    - Le ricadute fiscali, analizzando le quote relative a IRPEF, IRES, IRAP, IVA.
- Potenziale risparmio/ricavo per utente, sulla base delle simulazioni effettuate con i casi studio, validati a partire dal confronto con player del settore;
- Valore economico generato sul territorio, considerando
- Ricadute sulla filiera italiana, utilizzando i dati indicati nel RER 2024 per il volume d'affari effettivamente rimanente in Italia;
- Ricadute fiscali locali e nazionali, considerando i beneficiari (Stato, regioni, comuni) delle aliquote relative a IVA, IRPEF, IRES, IRAP (Tabella 4).
- Riduzione della povertà energetica, a partire da quanto emerso dallo studio Campagna et al. (2024), dalla stima di incentivi generabili e ipotizzando 2 scenari di presenza di consumatori in condizione di povertà energetica per cui coprire il costo della bolletta.

Tabella 1: Valori di riduzione delle emissioni di gas serra (CO_2 equivalente).

Scenario	Sottoscenario	Riduzione emissioni gas serra [$tonCO_{2,eq}$]
1	Conservativo	252.818
1	Intermedio	505.635
1	Ottimistico	1.011.271
2	Conservativo	725.680
2	Intermedio	1.356.693
2	Ottimistico	1.356.693

Tabella 2: Valori di variazione del volume d'affari (separati per installazioni e O&M, e cumulati su 20 anni).

Scenario	Sottoscenario	Variazione volume d'affari (installazioni) [milioni €]	Variazione volume d'affari (O&M) [milioni €/anno]	Variazione volume d'affari (cumulata su 20 anni) [milioni €]
1	Conservativo	1.416,2	23,1	1.878,4
1	Intermedio	2.832,5	46,2	3.756,8
1	Ottimistico	5.665,0	92,4	7.513,6
2	Conservativo	4.065,2	66,3	5.391,7
2	Intermedio	7.600,0	124,0	10.080,0
2	Ottimistico	7.600,0	124,0	10.080,0

Tabella 3: Occupazioni (temporanee e permanenti) generate.

Scenario	Sottoscenario	Occupazioni temporanee generate (ULA)	Occupazioni permanenti generate (ULA)
1	Conservativo	8.329	366
1	Intermedio	16.658	732
1	Ottimistico	33.316	1.465
2	Conservativo	23.908	1.051
2	Intermedio	44.696	1.965
2	Ottimistico	44.696	1.965

Tabella 4: Entrate per Stato, regioni e comuni.

Scenario	Sottoscenario	Entrate per Stato [milioni €]	Entrate per regioni [milioni €]	Entrate per comuni [milioni €]
1	Conservativo	783,5 – 803,0	84,6 – 85,8	3,2 – 3,7
1	Intermedio	1.567,0 – 1.606,0	169,2 – 171,6	6,5 – 7,3
1	Ottimistico	3.133,9 – 3.212,0	338,5 – 343,2	13,0 – 14,7
2	Conservativo	2.248,9 – 2.304,9	242,9 – 246,3	9,3 – 10,5

Scenario	Sottoscenario	Entrate per Stato [milioni €]	Entrate per regioni [milioni €]	Entrate per comuni [milioni €]
2	Intermedio	4.204,4 – 4.309,2	454,1 – 460,5	17,4 – 19,7
2	Ottimistico	4.204,4 – 4.309,2	454,1 – 460,5	17,4 – 19,7

7.5 Sviluppo del modulo in ambiente Matlab

È stato sviluppato un modulo in ambiente Matlab che prende in input dati provenienti da RECON (sia i dati inseriti dall'utente sia i dati calcolati sulla piattaforma) relativi alle performance energetiche ed economiche della CER per calcolare le entrate e le uscite per la CER come soggetto giuridico e per i singoli membri. Per le analisi effettuate sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti:

7.5.1 Analisi dei prezzi zonali su base oraria ed implementazione dello script per l'importazione dei dati su Matlab

Si sono analizzati i dati dei prezzi zonali (PZ) e del prezzo unico nazionale (PUN) per il periodo 2015-2019 (per evitare le distorsioni osservate dal 2020 in poi) per creare profili di prezzo "tipo" per ciascuna zona di mercato e per il PUN. È stata inoltre fornita una stima dello sviluppo futuro del prezzo dell'elettricità, effettuata a partire dall'analisi dei futures di mercato.

7.5.2 Analisi del costo dell'elettricità per clienti finali

A partire dalle tariffe pubblicate da ARERA si sono determinate le componenti tariffarie che concorrono alla formazione del prezzo:

- Quota energia (€/kWh)
- Quota potenza (€/kW/anno)
- Quota fissa (€/anno)

Tali quote possono, a loro volta, essere scomposte in:

- Materia energia – energia (PE), dispacciamento (PD), commercializzazione e vendita (PCV), componenti di perequazione (PPE) e di dispacciamento (DISPbt)
- Trasporto e gestione del contatore – distribuzione trasporto e misura (σ1, σ2, σ3), perequazione (UC3), qualità (UC6)
- Oneri di sistema – componenti ASOS e ARIM

Si sono analizzati i valori delle diverse componenti nel periodo dal 2018 al 2024, osservando una ridotta variazione per le componenti di trasporto e gestione del contatore, una maggior variabilità per le componenti di oneri di sistema e di quota fissa della materia energia. L'elemento con maggiore variabilità è, tuttavia, la quota energia della materia energia, che è risultata essere fortemente correlata al PUN medio del trimestre precedente.

L'analisi è stata differenziata per tipologia di utente, in particolare:

- Clienti domestici;
- Utenze non domestiche fino a 15 kW;
- Utenze oltre i 15 kW.

È stato inoltre effettuato un approfondimento sui valori di IVA e accise sull'energia elettrica per le diverse tipologie di cliente.

7.5.3 Valutazione CAPEX e OPEX degli impianti

Si sono analizzati i valori di CAPEX e OPEX di diverse tipologie di impianti FER - fotovoltaici (PV), eolici, mini-idroelettrici, biogas - di taglia inferiore a 1 MW, per diverse taglie di impianto. Per gli impianti PV si sono scorporati anche i costi dell'inverter e per gli impianti mini-idroelettrici si sono scorporati i costi per macchinari e opere civili. Per gli impianti eolici e mini-idroelettrici i valori sono soggetti a forte variabilità a causa delle specificità morfologiche delle installazioni.

Inoltre, per lo sviluppo del modulo si è fatto riferimento a:

7.5.4 Modelli di finanziamento

I modelli di finanziamento delle CER possono essere vari. Sono state analizzate il partenariato pubblico-privato (PPP), di cui si è fornita un'analisi del PPP contrattuale e istituzionalizzato, il crowdfunding (CF), di cui si è fornito un dettaglio relativo a donation CF, reward CF, equity CF e lending CF e i finanziamenti PNRR. Nei moduli software si è deciso di implementare il PPP contrattuale, il lending CF e il finanziamento PNRR.

7.5.4.1 Partenariato pubblico-privato

Si è analizzato il Codice dei Contratti Pubblici per comprendere le caratteristiche del PPP che risultano essere:

- La partecipazione attiva del settore privato;
- La durata del contratto, di lungo periodo;
- Il finanziamento a carico del privato;
- L'allocazione dei rischi al soggetto privato dei rischi sui quali ha un controllo diretto;
- L'equilibrio economico-finanziario come coesistenza di convenienza economica e sostenibilità finanziaria, eventualmente raggiungibile tramite contribuzione pubblica.

Si sono elencate le 2 macrocategorie di PPP:

- Partenariato contrattuale, tra cui il modello concessorio in cui vi è legame diretto tra partner privato e utenti;
- Partenariato istituzionalizzato, in cui la struttura societaria è detenuta congiuntamente dal partner pubblico e da quello privato per realizzare un'opera o fornire un servizio per la collettività.

7.5.4.2 Crowdfunding: forme esistenti e strumenti applicativi

Si è fornita la definizione di CF come processo collaborativo di finanziamento collettivo in cui un gruppo di persone utilizza il proprio denaro per sostenere iniziative di persone e organizzazioni. Le diverse tipologie di CF considerate sono:

- Donation CF, in cui il finanziamento collettivo non sia necessariamente legato a un beneficio tangibile;
- Reward CF, in cui il finanziamento è seguito da una ricompensa per i sostenitori. Più diffuso per numero di piattaforme;
- Equity CF, in cui il finanziamento avviene a fronte di acquisizione di quote azionarie;
- Lending CF, in cui il finanziamento viene erogato sotto forma di prestito con tasso di interesse stabilito tra le parti interessate.

7.5.4.3 Finanziamenti PNRR

Un 'ulteriore modalità di finanziamento è legata ai fondi del PNRR, il quale destina 2,2 miliardi di euro per l'investimento 1.2 "Promozione rinnovabili per le comunità energetiche e l'autoconsumo" nell'ambito della Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica".

Questo tipo di finanziamento è destinabile solo a CER e AUC per finanziare la costruzione di impianti solo in comuni sotto i 5.000 abitanti e fino al 40% dei costi ammissibili.

7.5.5 Effetti legati all'ingresso/uscita di membri e/o impianti di generazione

Con il fine di stimare l'impatto dell'ingresso/uscita di membri e/o impianti di generazione, sono stati valutati due diversi scenari, in cui dei prosumer entravano a far parte della CER in un momento diverso dalla creazione della CER stessa. In particolare, si è valutato l'impatto di un impianto che inizia a produrre prima dell'avvio della CER (e quindi ha anche un'uscita anticipata, considerando i 20 anni di vita utile utilizzati nel modello) e di un impianto che entra in funzione due anni dopo l'avvio della CER. Questo ha permesso di stimare i nuovi valori di energia condivisa.

7.5.6 Personas e modalità di ripartizione dei benefici economici

Per l'analisi sono state considerate le seguenti personas:

- Utenti residenziali con impianto di proprietà;
- Utenti residenziali senza impianto e che investono in un impianto della CER;
- Piccola o media impresa (PMI) con impianto di proprietà;
- PMI senza impianto e che investono in un impianto della CER;
- Pubblica amministrazione (PA) con impianto.

Per la ripartizione dei benefici sono state proposte 4 alternative:

- Ripartizione in quote uguali per tutti i membri (tipo di ripartizione 1);
- Ripartizione in modo proporzionale al contributo all'energia condivisa (tipo di ripartizione 2);
- Ripartizione con una quota divisa in modo uguale tra tutti i membri e una quota divisa in modo proporzionale al contributo all'energia condivisa (tipo di ripartizione 3);
- Ripartizione con una quota divisa in base alla quota di partecipazione iniziale versata e una quota divisa in modo proporzionale al contributo all'energia condivisa (tipo di ripartizione 4).

7.5.7 Analisi di sensitività

Utilizzando il modulo di Matlab sviluppato nell'ambito della linea di attività, si è effettuata l'analisi di sensitività delle performance economiche ottenute dalla CER e dai membri prendendo in considerazione:

- Entrata anticipata/posticipata di membri con impianto e conseguente variazione dell'energia condivisa e dell'incentivo riconosciuto alla CER;
- Scenari di prezzo dell'elettricità ±20% rispetto al caso base;
- Scenari di CAPEX ±10% rispetto al caso base.

7.5.8 Ricerca obiettivo

È stata inoltre sviluppata una ricerca obiettivo che identifica il costo dell'investimento nell'impianto necessario ad ottenere un certo ritorno dell'investimento, che può essere differenziato a seconda della tipologia di partecipante (cittadino, PMI, PA).

7.5.9 Sviluppo del modulo software

All'interno del modulo sono stati sviluppati 4 algoritmi per la ripartizione dei benefici tra i membri tenendo in considerazione della limitazione di incentivi accessibili alle imprese e ad usi diversi dalle finalità sociali.

Il modulo prende in input i dati da un file con estensione *mat* e li salva in variabili di tipo *struct*, strutturate in questo modo:

- Variabile *CER* che contiene i dati anagrafici della comunità e i dati energetici aggregati (immissioni, prelievi e condivisione). Al suo interno sono presenti le strutture:
- *Business_plan*, che contiene i calcoli delle variabili economiche di analisi;
- *Parametri*, che contiene i dati economici generali della comunità;
- *Membri*, che contiene le strutture in cui sono salvati i dati relativi ai membri della comunità (numero, tipologie) e le strutture relative ai membri in cui sono presenti
- Dati anagrafici dei membri;
- Dati energetici di immissioni, prelievi, autoconsumi;
- Struttura *Business_plan*, che contiene i calcoli delle variabili economiche di analisi per i singoli membri;
- Struttura *Pods*, che contiene i dati energetici ed economici (nel caso di impianti) relativi ai singoli POD di proprietà dei singoli membri: dati di impianto, consumo, immissioni, prelievi, quote di incentivo associabili al POD.

Il modulo è stato sviluppato sulla base dei dati provenienti da un caso studio comprendente 5 tipologie di persone:

- Utenti residenziali con impianto;
- Utenti residenziali senza impianto;
- PMI con impianto;
- PMI senza impianto;
- Pubblica amministrazione con impianto.

Inoltre, si è ipotizzata la presenza di un impianto di proprietà della CER come soggetto giuridico.

In Figura 4 sono rappresentati i risultati economici del caso ipotizzato nel caso base.

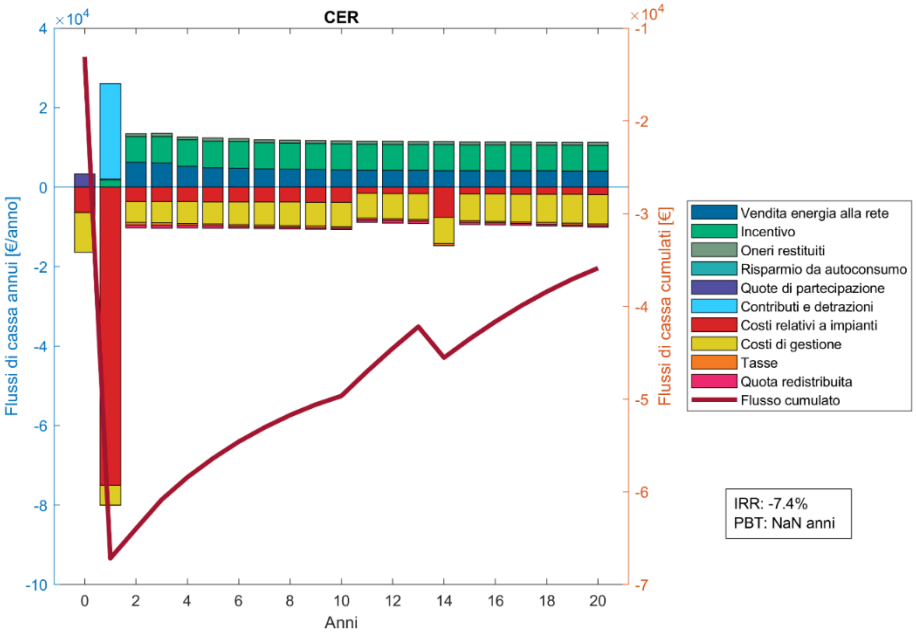

Figura 4: Grafico dei flussi di cassa annuali (grafico a barre, divisi per contributo) e cumulati (linea rossa) per la CER nel caso base.

Il dettaglio dello script è riportato nell'allegato del report.

7.6 Validazione su casi studio reali

Il modulo è stato validato anche con i dati provenienti da 5 casi studio reali forniti da ENEA. Per validare il modello sono stati considerati i flussi di cassa per la CER provenienti da RECON, che sono stati confrontati con i calcoli effettuati tramite il modulo Matlab sviluppato. L'analisi si è limitata alla sola CER e non per le diverse personas, in quanto RECON attualmente non permette una visione dei flussi di cassa per membro.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Non è stato fatto ricorso a consulenze esterne nell'ambito delle attività utili allo svolgimento della LA.

9 Pubblicazioni scientifiche

L'analisi della normativa, dei modelli di business e del potenziale di mercato sono state incluse nell'Electricity Market Report 2024 pubblicato nell'ambito degli Osservatori Energy & Strategy del Politecnico di Milano.

10 Eventi di disseminazione

L'analisi relativa alla normativa attuale, alla diffusione delle CER e al potenziale di mercato delle CER in Italia è stata presentata nell'ambito dell'Electricity Market Report 2024 del gruppo di lavoro Energy&Strategy del Politecnico di Milano.